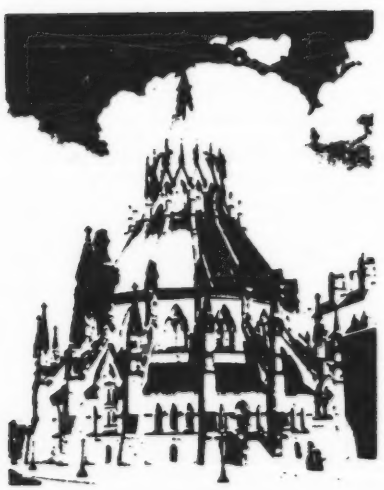
BP-146E

REVERSE OSMOSIS AND ITS APPLICATION TO WATER PURIFICATION

Robert Milko

Science and Technology Division
Research Branch
Ottawa

9 April 1986



LIBRARY OF PARLIAMENT

REVERSE OSMOSIS AND ITS APPLICATION TO WATER PURIFICATION

Robert Milko

Science and Technology Division
Research Branch
Library of Parliament
Ottawa

9 April 1986

BACKGROUND PAPER FOR PARLIAMENTARIANS

© Minister of Supply and Services Canada 1987

Cat. No. YM32-2/146E

ISBN 0-660-12404-1

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

TABLE OF CONTENTS

Page

INTRODUCTION 1

OSMOSIS AND REVERSE OSMOSIS 2

MEMBRANES 4

OPERATIONAL PARAMETERS 6

MEMBRANE CONFIGURATIONS 9

APPLICATION TO WATER PURIFICATION 10

REFERENCES 13

APPENDIX 1: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF REVERSE OSMOSIS IN CANADA

APPENDIX 2: USE OF REVERSE OSMOSIS IN A MUNICIPAL WASTEWATER PURIFICATION AND RECYCLING SYSTEM

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

REVERSE OSMOSIS AND ITS APPLICATION TO WATER PURIFICATION

INTRODUCTION

With the increasing concern about toxic chemicals in our sources of drinking water, more sophisticated methods of water purification are being sought. Membrane processes for separation and purification, such as reverse osmosis (RO), have been successfully used to remove dissolved inorganic and organic compounds from industrial water and, to a lesser extent, municipal wastewater systems, but, despite its potential, RO has received only limited use for the production of potable water. To date, RO has mostly been applied for the recovery of specific chemicals and materials in industrial effluents, for concentrating desired products by the removal of water in food industries (e.g., RO is used in 15% of Quebec's maple syrup production), and for producing ultra-pure water for medical or laboratory purposes. As well, in some of the wealthier arid countries such as Saudi Arabia, RO is the major desalination process used in the production of potable water.

One of the major applications of RO is the removal of water to concentrate a desired material. Traditionally this has been achieved by evaporation but without the addition of heat evaporation is a slow process and, unfortunately, rising energy costs have escalated the cost of heat production (notwithstanding the recent decline in oil prices). The use of reverse osmosis for this purpose can be as effective as evaporation for one-tenth to one-hundredth of the cost.(1) The corollary to evaporation and the goal of water purification and wastewater treatment(2) is to produce clean water while removing non-desired materials. This goal is possible with RO.

---

(1) C.H. Gooding, "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", in Chemical Engineering, Vol. 92, 7 January 1985, p. 57.

(2) Wastewater treatment is the removal or reduction of contaminants from water (e.g., industrial or sewage effluent) before it is released into lakes, rivers or other sources of water.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

OSMOSIS AND REVERSE OSMOSIS

The following terms will be useful in understanding the phenomenon of osmosis and the process of reverse osmosis:

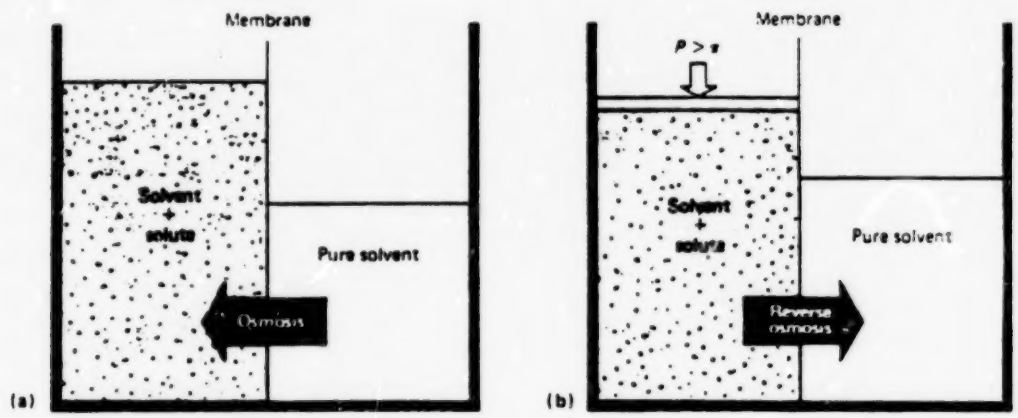
solvent	- a usually liquid substance (e.g., water) capable of dissolving or dispersing other substances.
solute	- a dissolved substance, e.g., salts of toxic heavy metals.
semi-permeable membrane	- a membrane which allows the passage of some molecules or compounds (e.g., H_2O - water), but restricts the passage of other molecules or compounds (e.g., NaCl - salt).

Using these terms, osmosis can be defined as the movement of a solvent through a semi-permeable membrane into a solution of higher solute concentration so that it tends to equalize the concentrations of solute on the two sides of the membrane. Figure 1a illustrates the phenomenon of osmosis.

Figure 1b illustrates reverse osmosis. Here a pressure is applied on the side of the membrane containing a higher concentration of solute. This reverses the direction in which the solvent would be expected to flow through the membrane in osmosis. In a simplification of RO applied to water purification or wastewater treatment, one would envision the solvent plus solute (e.g., respectively water plus dissolved toxic heavy metals) as wastewater on one side of the membrane and the pure solvent, in this case the purified water, on the other, the solutes having been excluded by the membrane. The actual process is somewhat more complex and the purity of the water after RO will vary with the chemical composition and concentrations of the contaminants in the water being treated and the nature of the membrane used. These variables and restrictions are explained in the following sections.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

FIGURE 1: THE PROCESSES OF OSMOSIS AND REVERSE OSMOSIS



Solvent moves through membrane to equalize chemical potential; pressure forces solvent back

Source: C.H. Gooding, "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", in Chemical Engineering, Vol. 92, 7 January 1985, p. 58.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

MEMBRANES

The heart of RO is the membrane and, with the development of the first inexpensive and effective membranes 25 years ago, RO began its role in the applications previously described. The actual mechanisms by which solvent passes through the membrane are, however, still somewhat obscure.

It should be mentioned that another membrane process, called ultrafiltration, is not easily distinguished from RO and the terms are often used interchangeably. One distinction is that ultrafiltration usually implies the separation of macromolecules (large molecules such as proteins or polyvinyl alcohol) from relatively low-molecular-weight solvents. Solute molecules of sufficient size are predominantly excluded by a sieving action at the surface of the membrane. In contrast, RO usually refers to the separation of solute and solvent molecules which have more similar molecular weights.

In RO, the size and shape of the molecules may be important, but in most cases there appear to be significant effects associated with chemical interactions between the membrane and the components of the solution. RO systems generally employ semi-permeable membranes made of cellulose acetate or polyamides, although membranes made of polysulfones, polyethers and polyureas, as well as a new class of dynamic membranes, are being developed and utilized. In general, the choice of membranes depends on the specific requirements of a given application.

The first effective membranes developed were made of cellulose-acetate (CA). Although early membranes were too thick to yield a practical flow of water (flux) across the membrane, an asymmetrical CA membrane consisting of a thin dense barrier supported by a thicker porous layer was soon developed. The porous layer contains about two-thirds water by weight and must be kept wet at all times. CA membranes are susceptible to biological degradation and have a limited pH(1) range: in strong acid or alkaline situations, hydrolysis (breakdown) of the membrane occurs.

---

(1) pH is a measure of acidity. In a pH range from 1.0 (strongly acidic) to 14.0 (strongly basic) human blood has a pH of 7.2 (neutral).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

An increase in temperature also increases the membrane hydrolysis rate although there is a desired increase in water flux. Despite these problems, CA is still commonly used because of its low cost and its effectiveness in most situations.

One study in 1978 examined the effectiveness of RO using CA membranes on wastewater contaminants.(1) Removal of toxic heavy metals was consistently greater than 95%, with the larger and trivalent ions more readily rejected than the smaller and low-valency ions. Removal of other toxic substances varied with their chemical nature. Phenols and simple cyanide compounds were poorly removed, but more complex cyanide compounds and large molecules such as nitrolotriacetic acid (NTA) were almost completely removed. Chlorinated hydrocarbon and organophosphate pesticides were not effectively removed, but were temporarily retained by adsorption onto the membrane surface and later released into the purified water when the membrane became saturated as more wastewater was processed.

The development of polyamide membranes (nylon polymers such as kevlar) was the next major step in the evolution of membrane types. Polyamides are more resistant to higher temperatures, essentially immune to biological degradation and are more stable over a wider range of acidities (pH 2-12) than are CA membranes. They are also somewhat more efficient at removing organic molecules but are still susceptible to degradation by chlorine and/or other oxidizing agents in the water being treated. All membranes have a tendency to become clogged (fouled) but the stability of polyamide membranes over a wide pH range facilitates their cleaning with acids when this happens.

Today, polymer membranes can be composed of polyether, polyamide or polysulfones, alone or in various combinations. As research and development continues, these membranes, now commercially produced, show increasing effectiveness. Some tests have shown them to be more than 99% effective in removing organochlorine pesticides (e.g., 2,4-D) as well as

---

(1) H.K. Johnston and H.S. Lim, Removal of Persistent Contaminants from Municipal Effluents by Reverse Osmosis, EPS, Environment Canada, 1978, 66 p.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

being effective on most hydrated metal ions.(1) However, there is still some concern that some organochlorine and organophosphate pesticides are not effectively rejected, but simply adsorbed onto the membranes. When the adsorption capacity of the membrane is exceeded, the pollutant could then be desorbed from it and released into the product water.(2) Further studies on this aspect are definitely needed. The ability of these membranes to reject phenols and, in particular, nitrates is still poor, as is their ability to reject small organic molecules as compared to larger organic molecules. Most volatile organic compounds would still pass through these membranes, so that additional water purification methods would be needed for their removal.

Today, much of the work in membrane separation processes is in the development of improved membranes. Dynamic membranes, for example, deserve special mention because they differ substantially from the conventional polymeric barriers. They are formed directly on the RO unit by passing a dilute solution of membrane-forming material over a clean porous supporting structure at high pressure. Research is focused on composites of polyacrylic acid and hydrous zirconium oxide (as membrane-forming materials) deposited on supporting structures of porous stainless steel or ceramic tubes. Although solute rejection by dynamic membranes is somewhat lower than that by polymer films, the former do provide a higher flux and higher temperature resistance than CA membranes. Additionally, if a membrane becomes fouled after a period of operation, it can be dissolved off the substrate and a new membrane can be deposited.

OPERATIONAL PARAMETERS

In order to overcome osmotic pressure and to provide sufficient force for a reasonable solvent flow rate (flux) through a tight membrane, high operating pressures are required (commonly 1,000 pounds per

---

(1) Jean Tremblay, "Membrane Technology Applications in Western Canada", in Proceedings of the Third Annual Technical Seminar on Chemical Spills, EPS, Environment Canada, Montreal, Quebec, 5-7 February 1986.

(2) T.N. Eisenberg and E.J. Middlebrooks, Reverse Osmosis Treatment of Drinking Water, Ann Arbor Science, 1986, p. 131.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

square inch). Even so, working membrane fluxes are low, typically in the range of 0.001 to 0.1 $kg/m^2/s$(1) [2 to 200 $gal/ft^2/day$(2)].(3) This presents two difficulties: first, to develop a membrane that can withstand the high pressures and retain its durability through time and, second, to design a unit that provides a large surface area.

Compounding these design restrictions is the problem of fouling. This is a result of a phenomenon known as "concentration polarization" (i.e., the formation of a supersaturated solution at the membrane surface), which leads to the precipitation of solute. Fouling also results from the deposition at the membrane surface of gels and other fine particulate debris that may inadvertently enter with the water being treated. The construction of an RO system which permits a greater flow rate or that incorporates a physical design to promote turbulence in the wastewater passing through the system (e.g., a mesh layer between the layers of membrane; see Figure 2a) will help to minimize fouling. Once this has occurred, however, reversing the flow of water (backflushing) may help to correct the problem, but backflushing is not possible with all membrane configurations (see page 9).

The preceding discussion suggests several design criteria for RO equipment. Among these are:

- A high membrane-surface-to-volume ratio, to minimize space requirements and capital cost.
- Adequate structural support, to allow the thin membrane to withstand the required pressure drop.
- Low pressure drop on the concentrate side of the membrane, to maintain the driving force for permeation.
- Turbulent flow on the concentrate side, or some alternative means, to dissipate concentration polarization and minimize fouling.
- Ease of backflushing and/or ease of membrane replacement, in the event that fouling becomes a problem.
- Long membrane life and low replacement cost.(4)

---

(1) $kg/m^2/s$ is kilograms per square meter per second.

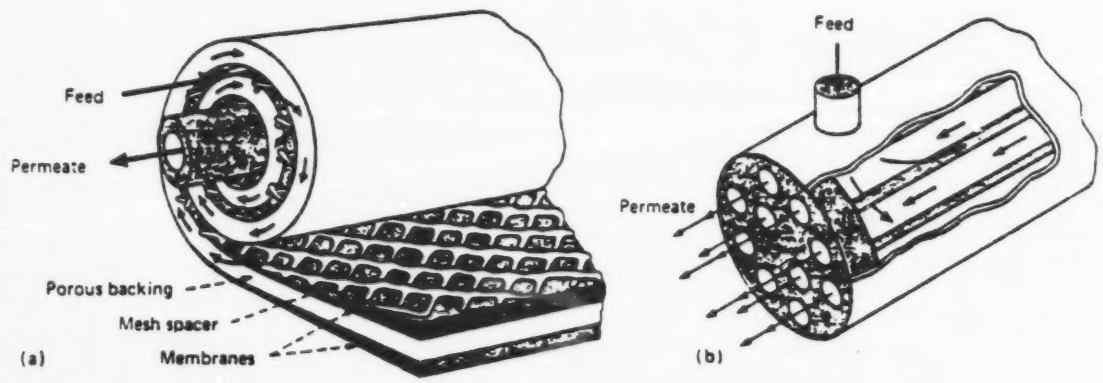
(2) $gal/ft^2/day$ is gallons per square foot per day.

(3) Gooding (1985), p. 59.

(4) Ibid., p. 61.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

FIGURE 2: SPIRAL WOUND AND TUBULAR MEMBRANE CONFIGURATIONS FOR REVERSE OSMOSIS UNITS



Source: C.H. Gooding, "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", in Chemical Engineering, Vol. 92, 7 January 1985, p. 61.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

MEMBRANE CONFIGURATIONS

In order to meet these design criteria, different methods of support for membranes have been developed. At present there are four common configurations in which a membrane can be maintained: plate and frame, spiral wound, tubular and hollow fibre.

The plate and frame design consists of a membrane attached to the sides of a flat plate and sealed at the edges. Although this is the original design for membrane support, such configurations are complex and require a great deal of space to present an adequate surface area. Consequently they are seldom used today, especially for wastewater treatment.

A simplified illustration of the more commonly-used spiral wound configuration, which may be likened to a "jelly-roll", is shown in Figure 2(a). This illustration shows construction with a four-ply sandwich-mat consisting of a membrane, a porous backing, another membrane and a mesh spacer. One end of the sandwich is inserted into a slit in a tube where the "permeate" (i.e., purified water) will exit, and the entire mat is rolled into a spiral around the tube. The rolled assembly is then placed in a sealed unit. In operation, the water to be treated enters from one end of the roll and passes longitudinally between the membranes. When pressure is applied, the permeate passes through the membranes and spirals inward through the porous backing. This spiral configuration allows for low manufacturing costs, low fouling, ease of cleaning and a large membrane surface area in a relatively small space. The system is therefore quite popular and used in wastewater treatment.

A tubular design is the simplest of all the configurations. As shown in Figure 2(b), membranes are formed on the outside of porous tubes mounted in a sealed unit. The water to be treated enters the unit under pressure and purified water exits through the tubes. Alternatively, the membrane can be formed on the inside of the porous tubes and the flow reversed. Unlike the spiral wound units, tubular systems can be used on extremely turbid wastewaters and are the easiest systems to backflush if the membrane becomes fouled. As well, with this design fouling can be reduced

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

by pulsing the flow rate of the water being treated instead of maintaining a constant flux. The high capital costs associated with this system, however, limit its ability to compete with the spiral wound RO system.

The hollow fibre system is in effect an extension of the tubular system. The same configuration is used but the narrow diameters of the fibres (25-250 microns) and the tight packing that is possible allow for an enormous amount of surface area per unit volume. Although this system thus fulfils one design criterion, the tight packing makes it very susceptible to fouling and difficult to clean. It is therefore limited to use on highly pretreated and clarified waters.

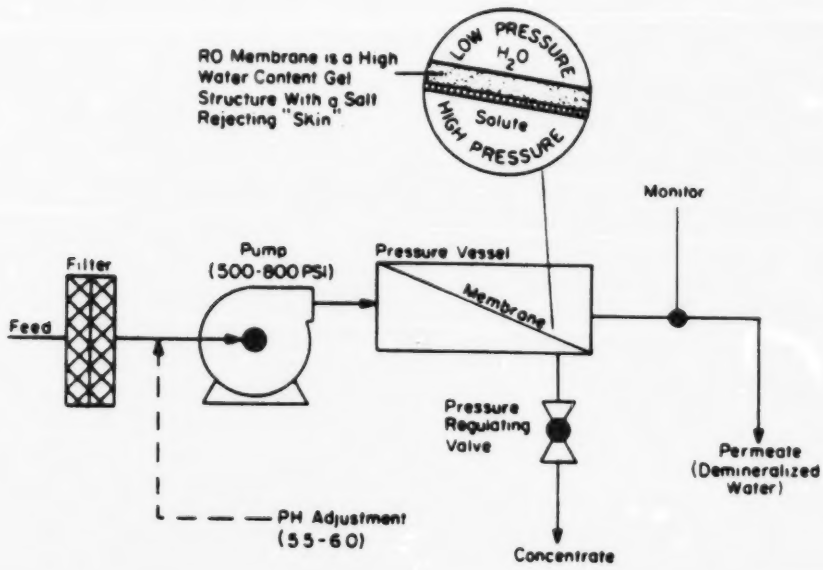
APPLICATION TO WATER PURIFICATION

The recycling of wastewater, using RO, has been practised primarily by industry and agriculture. The use of RO in domestic drinking water purification in North America has been negligible. With the increasing concern about toxic substances in drinking water sources such as the Great Lakes, however, one might expect to see an increase in its use in Canada and the U.S.A.

From the previous discussions on the problems of fouling, and from the analyses of the abilities of different membranes to reject or fail to reject potential drinking water contaminants (see section on membranes), it should be clear that, although quite effective, RO in itself is <u>not</u> sufficient to solve <u>all</u> water purification problems. Consequently, depending on the specific application, an RO system normally employs some form of pretreatment or posttreatment process, as depicted in Figure 3. Pretreatment can be as simple as using a cartridge filter to remove particulate matter that could damage the high-pressure pump or cause fouling. When RO is employed on highly turbid industrial wastewater, it may be necessary to use other pretreatments, such as coagulation, sedimentation and filtration followed by an adjustment of the solution's acidity (pH). Posttreatment procedures could include aeration, degasification (e.g., activated carbon adsorption to remove gaseous halogenated hydrocarbons), pH adjustment and/or chlorination.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

FIGURE 3: BASIC REVERSE OSMOSIS SYSTEM



Source: D.B. George, "Reverse Osmosis in Water Reuse Systems", in E.J. Middlebrooks, ed., Water Reuse, Ann Arbor Science, 1982, p. 239.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

One of the major reasons for the present practice of adding chlorine to our drinking water supplies is to kill potentially disease-causing organisms such as bacteria and viruses. It is unfortunate that the added chlorine, whose purpose here is to improve our drinking water, combines with dissolved organic matter in the water supply to produce toxic, cancer-causing (carcinogenic) compounds such as chloroform.(1) It should also be noted that, theoretically, RO should be extremely effective in the removal of bacteria and viruses. In practice, though, no membrane is free of imperfection and the probability of total rejection of microorganisms is low. Therefore, some posttreatment disinfection after RO is still recommended, although alternatives to chlorination should be sought.

An important problem that must be addressed is the cost of applying RO to our present water purification methods. Because RO is relatively energy intensive and slow, the costs of applying it to an entire municipal water supply would probably be prohibitive. There is a need for at least a two-tiered system of water distribution: one for industrial and domestic uses, such as car washing, lawn watering, toilets, etc., and another for potable water. The problems of implementing such a system in a city with an existing water distribution system are easily imagined. An attempt to do this, however, is underway in Denver, Colorado (see Appendix 2).

An alternative to treating all municipal water to be distributed is the use of appropriate purification methods such as RO on effluents from industry before these enter our sources of drinking water. In fact, the application of RO in industrial recycling, and hence pollution control, is growing. One local example is the reclamation of industrial oil at Bud Automotive in Kitchener. By reclaiming oil previously dumped as effluent, thus also reducing sewage charges, this company reclaimed its $100,000 expenditure on the RO system in six months.(2)

---

(1) Chloroform is only one example from a group called trihalomethanes that can be formed by the addition of chlorine to water. Perhaps the next time you shower, you will notice the faint aroma of chloroform.

(2) D.M. Wiles, Division of Chemistry, National Research Council of Canada, Personal Communication, 27 January 1986.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

It is beyond the scope of this paper to examine all the various wastewater treatment combinations which could lead to a pure form of drinking water. However, given the current advanced state of RO technology, and with more research and development, RO should play an increasingly important role in wastewater treatment and water purification in the near future.

REFERENCES

Eisenberg, T.N., and E.J. Middlebrooks, Reverse Osmosis Treatment of Drinking Water, Ann Arbor Science, 1986.

George, D.B., "Reverse Osmosis in Water Reuse Systems", E.J. Middlebrooks ed., Water Reuse, Ann Arbor Science, 1982.

Gooding, C.H., "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", Chemical Engineering, Vol. 92, 7 January 1985.

Johnston, H.K., and H.S. Lim, Removal of Persistent Contaminants from Municipal Effluents by Reverse Osmosis, EPS, Environment Canada, 1978.

Tremblay, Jean, "Membrane Technology Applications in Western Canada", Proceedings of the Third Annual Technical Seminar on Chemical Spills, EPS, Environment Canada, Montreal, Quebec, 1986.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

APPENDIX 1
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF REVERSE OSMOSIS IN CANADA

In the early 1970s, Canada was at the forefront of membrane technology. Today, although Canada is still respected as a leader in fundamental knowledge of membrane development (specifically, knowledge concerning which polymers to use for specific separation purposes), most of the leadership in the application of RO technology now resides in the USA, Japan and Europe.

Canadian membrane research has been predominantly conducted in the Division of Chemistry at the National Research Council of Canada (NRCC). Historically, the lack of an autonomous division of chemical engineering of the NRCC has limited resources for the chemical engineers directly involved with RO. Recent large reductions in funding and person-years to the Division of Chemistry and their possible continuation serve to limit research and development on RO membranes. Opportunities for profitable ventures in RO would, however, most likely be found in membrane technology, the heart of any RO system.

The application of RO to concentrating fruit juices (e.g., apple juice in Canada), to wine-making and, in particular, to the separation of components of natural gas are as of yet untapped areas of development in Canada. Because of our vast natural gas reserves, the potential for this last application is easily envisioned but further membrane research is still required. In addition to lacking its own manpower, the Division of Chemistry does not have any moneys available to contract targeted research in the private sector and programs of technology transfer, such as the Industrial Research Assistance Program (IRAP), although internationally recognized, have not been successful enough to stimulate many new private sector endeavours in RO.

On a more positive side, the Environmental Technology Centre of the Environmental Protection Service (EPS) has been successfully testing and applying RO technology to the cleanup of chemical spills and contaminated sources of water. The main thrust to date has been trying to determine how much can be achieved with existing technology towards the goal

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

of determining the technological developments still needed for these cleanup applications. It seems inevitable that EPS studies will indicate the need for specific membrane capabilities to deal with specific contaminants. Any cooperation between the EPS and NRCC in this regard should therefore prove fruitful.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

APPENDIX 2
USE OF REVERSE OSMOSIS IN A MUNICIPAL WASTEWATER PURIFICATION AND RECYCLING SYSTEM

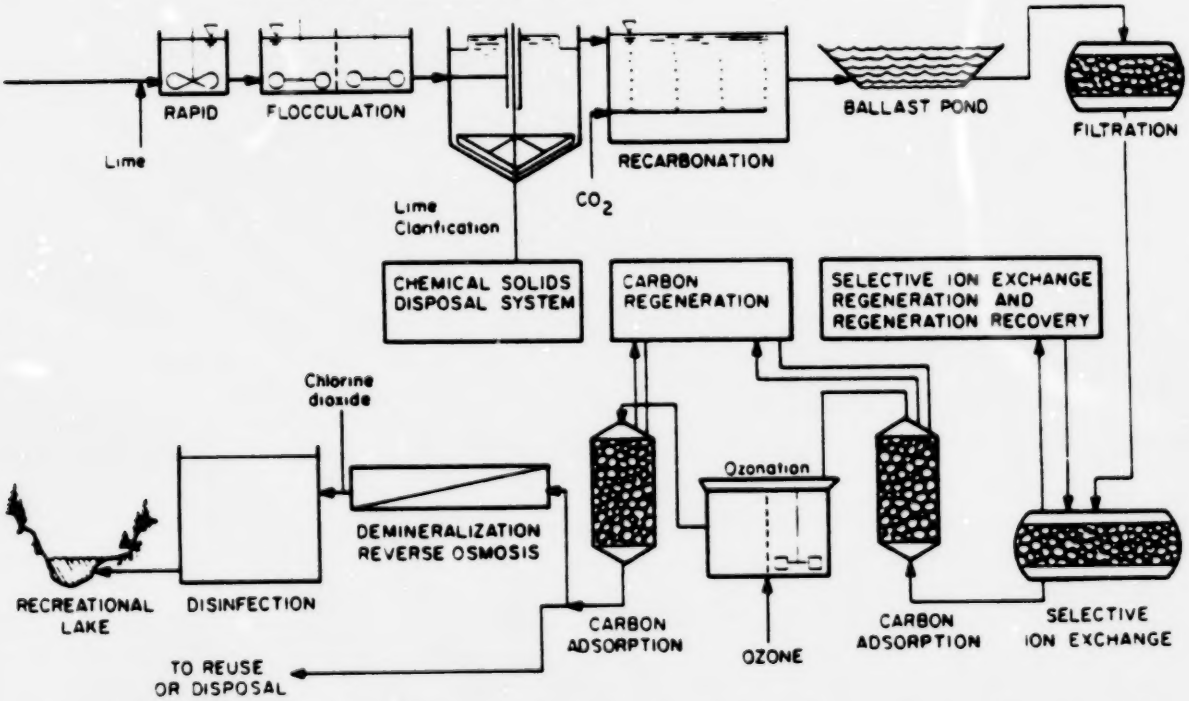
Natural water supplies serving the Denver, Colorado, metropolitan area are insufficient to meet the current and future water demands of the area. Therefore, the city of Denver has initiated a program to evaluate the reuse of secondary effluent from the Metropolitan Denver Sewage Disposal District Number 1 facility for potable water demands. A potable reuse demonstration facility is currently under construction. The treatment train is illustrated in Figure 15. Unchlorinated secondary effluent will be treated with a high lime dose to promote flocculation of colloidal and particulate solids, heavy metals, pathogenic organisms and phosphorus. Solids-liquids separation of the chemical floc particles will then occur followed by recarbonation with carbon dioxide. The discharge from the lime treatment will flow to an equalization basin to equalize pump withdrawals.

From the basins the waste stream will be pumped to chemically aided dual media pressure filters for polishing. Ammonia in the waste stream will then be removed by passing the flow through selective ion exchange beds containing the natural zeolite, clinoptilolite.

Following ion exchange, the waste stream will pass through two carbon adsorption columns in series. Ozone will be introduced between the adsorption columns to enhance the second adsorption step.

The water will be split after the second carbon adsorption column and 3400 m^3/day will be made available for industrial use. The remaining portion of flow (378 m^3/day) will be further treated by reverse osmosis for removal of dissolved solids. The permeate from the RO unit will then be disinfected with chlorine dioxide.

The design of the facility began in July 1979 and is scheduled to be ready for operation in the fall of 1982. The plant will be operated and evaluated continuously for four and a half years.



Source: D.B. George, "Reverse Osmosis in Water Reuse Systems", in E.J. Middlebrooks, ed., Water Reuse, Ann Arbor Science, 1982, p. 261-262.

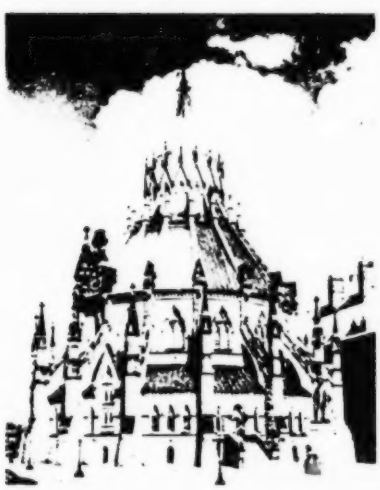
BP-146F

L'OSMOSE INVERSE ET SON APPLICATION À LA PURIFICATION DE L'EAU

Robert Milko

Division des sciences et
de la technologie
Service de recherche
Ottawa

Le 9 avril 1986



BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

L'OSMOSE INVERSE ET SON APPLICATION À LA PURIFICATION DE L'EAU

Robert Milko

Division des sciences et
de la technologie
Service de recherche
Ottawa

Le 9 avril 1986

ÉTUDE GÉNÉRALE POUR LES PARLEMENTAIRES

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

N° de cat. YM32-2/146F

ISBN 0-660-91989-3

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION 1

L'OSMOSE ET L'OSMOSE INVERSE 2

LES MEMBRANES 3

LES PARAMÈTRES OPÉRATIONNELS 8

LES CONFIGURATIONS DE MEMBRANE 9

L'APPLICATION À LA PURIFICATION DE L'EAU 12

BIBLIOGRAPHIE 15

ANNEXE 1: RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE DE L'OSMOSE INVERSE AU CANADA

ANNEXE 2: UTILISATION DE L'OSMOSE INVERSE DANS UN SYSTÈME MUNICIPAL DE PURIFICATION ET DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

Traduction

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'OSMOSE INVERSE ET SON APPLICATION À LA PURIFICATION DE L'EAU

INTRODUCTION

L'eau potable contient de plus en plus de substances chimiques toxiques, et les chercheurs tentent actuellement de trouver des méthodes perfectionnées pour purifier l'eau. Certaines techniques de séparation et de purification par membrane, dont l'osmose inverse (OI), ont été utilisées avec succès pour traiter les effluents industriels et, dans une moindre mesure, les eaux usées urbaines afin d'en éliminer les composés organiques et inorganiques dissous. Toutefois, l'emploi de l'OI pour la production d'eau potable n'a pas encore suscité beaucoup d'intérêt, malgré les possibilités de cette technique. Jusqu'à présent, on a principalement utilisé l'OI pour éliminer des substances et des polluants spécifiques présents dans les effluents des usines. On emploie également cette technique dans l'industrie alimentaire, pour augmenter la concentration de certains produits par extraction de l'eau (par exemple, 15 p. 100 du sucre d'érable produit au Québec est concentré par OI), ainsi que dans les laboratoires et en médecine, pour produire un eau très pure. En outre, dans certains pays arides fortunés comme l'Arabie saoudite, l'OI est la principale méthode de dessalement utilisée pour la production d'eau potable.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

Entre autres applications, l'OI sert notamment à enlever l'eau contenue dans une substance donnée afin d'augmenter la concentration de cette dernière. Cet accroissement de concentration est habituellement réalisé par évaporation; cependant, si l'on n'ajoute pas de chaleur, l'évaporation est un procédé très lent, et les hausses du coût de l'énergie ont eu pour effet d'augmenter le coût de production de la chaleur (malgré la chute récente des prix du pétrole). Or, l'osmose inverse peut être tout aussi efficace que l'évaporation, pour un coût de dix à cent fois moindre.(1) L'évaporation donne de l'eau propre, touten laissant derrière elle les matières non désirées: c'est là exactement ce que l'on recherche en purifiant l'eau et en épurant les eaux usées,(2) et ce but est réalisable grâce à l'osmose inverse.

L'OSMOSE ET L'OSMOSE INVERSE

Les termes suivants seront utiles pour bien comprendre les phénomènes de l'osmose et de l'osmose inverse:

solvant	- habituellement une substance liquide (comme l'eau) pouvant dissoudre ou disperser d'autres substances;
soluté	- substance dissoute, p. ex., les sels des métaux lourds toxiques;
membrane semi-perméable	- membrane qui permet le passage de molécules ou composés particuliers (p. ex., le H_2O - l'eau), mais restreint le passage d'autres molécules ou composés (p. ex., le NaCl - le sel commun).

---

(1) C.H. Gooding, "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", Chemical Engineering, vol. 92, 7 janvier 1985, p. 57.

(2) L'épuration des eaux usées consiste à éliminer les contaminants présents dans l'eau (p. ex., les effluents d'usine ou les eaux d'égout) ou à en réduire la concentration avant que cette eau ne soit déversée dans les lacs, les rivières ou d'autres sources d'eau.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

En utilisant ces termes, on peut décrire l'osmose comme étant le déplacement d'un solvant à travers une membrane semi-perméable vers une solution à concentration élevée de soluté. Ce déplacement a tendance à égaliser les concentrations de soluté de chaque côté de la membrane. La figure 1(a) illustre le phénomène de l'osmose.

La figure 1(b) illustre le pnénomène de l'osmose inverse. Une pression est appliquée du côté de la membrane qui contient une concentration plus élevée de soluté. De cette façon, on renverse la direction dans laquelle le solvant s'écoule habituellement pendant l'osmose. Pour simplifier les choses, disons que dans un système simple de purification de l'eau ou d'épuration des eaux usées par osmose inverse, le solvant et le soluté (par exemple, de l'eau et des métaux lourds toxiques dissous, respectivement) forment les eaux usées d'un côté de la membrane; de l'autre côté de celle-ci se trouve le solvant pur, de l'eau purifiée dans ce cas-ci, car le soluté n'a pu traverser la membrane. En fait, le processus est plus complexe, et la pureté de l'eau obtenue par osmose inverse dépend de la nature et de la concentration des contaminants dans les eaux traitées, ainsi que du type de membrane utilisée. Ces variables et ces restrictions sont expliquées dans les sections suivantes.

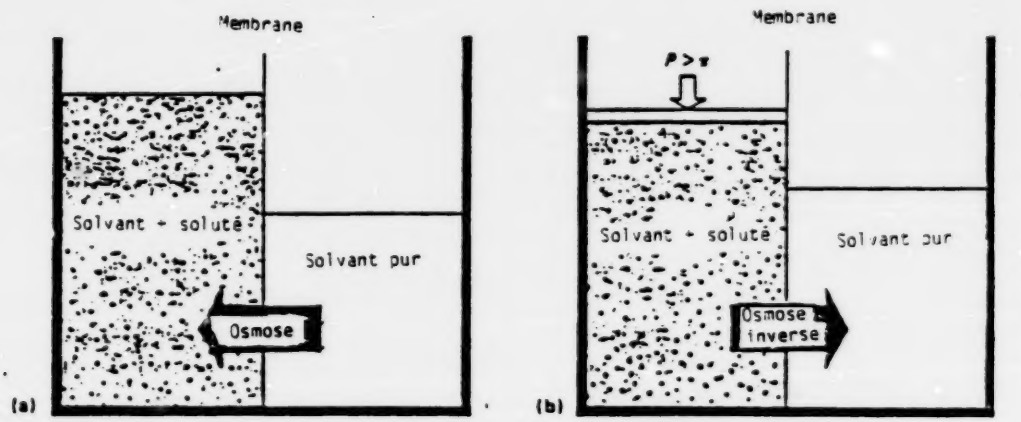
LES MEMBRANES

Le coeur de tout système d'osmose inverse est la membrane. Depuis la mise au point des premières membranes vraiment efficaces et peu coûteuses, il y a 25 ans, on a utilisé l'osmose inverse aux fins décrites précédemment. Toutefois, les mécanismes qui assurent le passage du solvant à travers la membrane ne sont pas encore bien connus.

Il y a lieu de noter qu'une autre technique utilisant elle aussi des membranes, appelée ultrafiltration, ressemble beaucoup à l'OI. D'ailleurs, les deux termes sont parfois utilisés indifféremment. Il y a cependant une distinction à faire. En effet, l'ultrafiltration consiste habituellement à séparer des macromolécules (c'est-à-dire de grosses

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

FIGURE 1: LES PHÉNOMÈNES DE L'OSMOSE ET DE L'OSMOSE INVERSE



Le solvant traverse la membrane pour égaliser le potentiel chimique. Sous l'effet de la pression, le solvant retraverse la membrane en sens inverse.

Source: C.H. Gooding, "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", Chemical Engineering, vol. 92, 7 janvier 1985, p. 58.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

molécules comme les protéines ou les alcools polyvinyliques) et des solvants à faible poids moléculaire. La surface de la membrane joue le rôle d'un tamis et retient les molécules du soluté qui ont une dimension supérieure au calibre du tamis. Par contre, l'OI désigne habituellement la séparation de molécules de solvant et de soluté qui ont des poids moléculaires du même ordre de grandeur.

En osmose inverse, les dimensions et la forme des molécules peuvent être importantes, mais, dans la plupart des cas, il semble y avoir des effets appréciables associés aux interactions chimiques entre la membrane et les composants de la solution. En règle générale, les systèmes d'OI utilisent des membranes semi-perméables faites d'acétate de cellulose ou de polyamides, bien que l'on utilise et perfectionne des membranes faites de polysulfones, de polyéthers et de polyurées, ainsi qu'une nouvelle catégorie de membranes dites dynamiques. Le choix d'une membrane dépend des particularités de l'application envisagée.

Les premières membranes réellement efficaces étaient faites d'acétate de cellulose (AC). Comme elles étaient trop épaisses pour laisser passer un flux d'eau suffisant, on ne tarda pas à mettre au point une membrane d'AC asymétrique, faite d'une paroi dense et mince soutenue par un substrat poreux et épais. La couche poreuse contient environ deux tiers d'eau en poids et doit être gardée humide en tout temps. Les membranes d'AC peuvent être sujets à la dégradation biologique et elles ont une fourchette de pH(3) limitée: les milieux très acides ou très alcalins provoquent l'hydrolyse (rupture) de la membrane. L'augmentation de température accélère hydrolyse, bien qu'elle permette d'accroître le débit d'eau. Malgré ces problèmes, les membranes d'AC sont couramment utilisées, car elles ne coûtent pas cher et elles sont efficaces dans la plupart des cas.

Une étude réalisée en 1978 a porté sur l'efficacité de l'OI, avec des membranes d'AC, pour enlever les contaminants présents dans des

---

(3) Le pH est une mesure de l'acidité. Le pH va de 1,0 (très acide) à 14,0 (très basique). Le sang humain a un pH de 7,2 (neutre).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

eaux usées.(4) Le degré d'élimination des métaux lourds toxiques était systématiquement supérieur à 95 p. 100, et les membranes retenaient plus facilement les gros ions trivalents que les petits ions à faible valence. Le degré d'élimination des autres substances dépendait de leur nature chimique. Les membranes parvenaient à peine à retenir les phénols et les cyanures simples, mais elles retenaient presque entièrement les cyanures complexes et les grosses molécules, telles celles de l'acide nitrilotriacétique (ANT). Les membranes n'éliminaient pas efficacement les hydrocarbures chlorés et les pesticides organophosphatés, mais ces substances étaient retenues temporairement par adsorption à la surface des membranes et étaient par la suite relâchées dans l'eau pure lorsque les membranes devenaient saturées à force d'être soumises à de nouvelles quantités d'eaux usées.

Un progrès important dans l'évolution des membranes a été la mise au point des membranes polyamides (polymères du nylon, tel le kelvar). Les polyamides résistent mieux aux températures élevées, ils sont pratiquement insensibles à la dégradation biologique et ils couvrent une fourchette d'acidité plus grande (pH de 2 à 12) que les membranes à l'AC. De plus, ils sont sensiblement plus efficaces pour enlever les molécules organiques, bien qu'ils soient sujets à la dégradation par le chlore ou par d'autres agents oxydants qui peuvent être présents dans les eaux traitées. Toutes les membranes ont tendance à s'encrasser, mais la stabilité des membranes polyamides dans un large éventail de taux d'acidité facilite leur nettoyage lorsqu'elles sont encrassées.

Aujourd'hui, les membranes polymériques peuvent être faites de polyéthers, de polyamides ou de polysulfones, employés seuls ou en combinaison. Les travaux de recherche et de développement se poursuivent dans ce domaine, et ces membranes, qui sont produites commercialement, ont une grande efficacité. Selon certains essais, le degré d'élimination des pesticides organochlorés (par exemple, le 2,4-D) atteint plus de 99 p. 100,

---

(4) H.K. Johnston et H.S. Lim, Removal of Persistent Contaminants from Municipal Effluents by Reverse Osmosis, SPE, Environnement Canada, 1978, 66 p.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

et ces membranes sont également efficaces avec la plupart des ions métalliques hydratés.(5) Cependant, on a soulevé la possibilité que les pesticides organochlorés et organophosphatés ne soient pas véritablement éliminés, mais qu'ils soient simplement adsorbés sur les membranes; lorsque la capacité d'adsorption de la membrane est dépassée, le polluant pourrait quitter la surface de celle-ci et se retrouver dans l'eau produite.(6) Il faudra absolument poursuivre les études à ce sujet. Ces membranes éliminent difficilement les phénols, et en particulier les nitrates. De plus, elles ont de la difficulté à éliminer les petites molécules, par rapport aux grosses molécules. Enfin, la plupart des composés organiques volatils traversent ces membranes, et il faudrait donc employer d'autres méthodes de purification pour les éliminer.

Les travaux actuels dans le domaine des procédés de séparation par membrane portent en grande partie sur la mise au point de membranes perfectionnées. Les membranes dynamiques méritent une attention particulière, car elles diffèrent passablement des barrières polymériques classiques. Elles sont formées directement sur l'unité d'OI par le passage sous haute pression d'une substance filtrante en solution diluée sur un substrat poreux propre; en se déposant, cette substance forme la membrane. Les travaux de recherche portent actuellement sur les composés de l'acide polyacrylique et de l'oxyde de zirconium hydrique, lesquels forment une membrane en se déposant sur un substrat fait d'acier inoxydable poreux ou de tubes de céramique. Bien que l'élimination des solutés soit plus faible avec les membranes dynamiques qu'avec les pellicules polymériques, ce type de membrane laisse passer un flux d'eau plus élevé que les membranes à l'AC et résiste mieux aux hautes températures que ces dernières. En outre, lorsqu'une membrane dynamique

---

(5) Jean Tremblay, "Membrane Technology Applications in Western Canada", Proceedings of the Third International Seminar on Chemical Spills, SPE, Environnement Canada, Montréal (Québec), 5-7 février 1986.

(6) T.N. Eisenberg et E.J. Middlebrooks, Reverse Osmosis Treatment of Drinking Water, Ann Arbor Science, 1986, p. 131.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

s'encrasse après une certaine période d'utilisation, il suffit de la dissoudre pour l'enlever du substrat et y déposer une nouvelle membrane.

LES PARAMÈTRES OPÉRATIONNELS

Pour vaincre la pression osmotique et fournir la force voulue pour d'obtenir un flux suffisant à travers une membrane tendue, on emploie des pressions élevées (habituellement de l'ordre de 1 000 livres par pouce carré). Même avec de telles pressions, les flux sont faibles, de l'ordre de 0,001 à 0,1 $kg/m^2/s$(7) [2 à 200 $gal/pi^2/j$(8)].(9) On est donc confronté à deux difficultés: premièrement, il faut mettre au point une membrane qui peut résister à des pressions élevées tout en gardant sa durabilité; deuxièmement, il faut concevoir une unité d'OI offrant une vaste surface de membrane.

À ces restrictions vient s'ajouter le problème de l'encrassement. Celui-ci est le résultat d'un phénomène connu sous le nom de "polarisation par concentration" (c'est-à-dire la formation d'une solution sursaturée sur la surface de la membrane), qui provoque la précipitation du soluté. L'encrassement est également le résultat du dépôt, sur la surface de la membrane, de gels et d'autres débris fins, qui peuvent entrer dans l'eau traitée si l'on n'y prend pas garde. Pour minimiser l'encrassement, il faut concevoir un système d'OI qui autorise un flux plus élevé ou qui, par un dispositif quelconque, brasse les eaux usées qui traversent l'appareil (par exemple, on peut utiliser un treillis entre les couches de membrane - voir la figure 2(a)). Un moyen simple d'éliminer l'encrassement consiste à inverser le flux de l'eau (on parle alors de chasse inverse), mais ce ne sont pas toutes les configurations de membrane qui se prêtent à la chasse inverse (voir page 11).

D'après ce qui précède, le matériel d'OI doit comporter plusieurs caractéristiques. Citons notamment:

---

(7) $kg/m^2/s$ est l'abréviation de kilogramme par mètre carré par seconde.

(8) $gal/pi^2/j$ est l'abréviation de gallon par pied carré par jour.

(9) Gooding (1985), p. 59.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

- Un ratio surface de membrane/volume élevé, afin de minimiser l'espace nécessaire et les coûts d'immobilisation.
- Un support structural (ou substrat) adéquat, pour que la membrane mince puisse résister aux chutes de pression imposées à l'appareil.
- Une faible baisse de pression du côté de la membrane où se trouve le concentrat, afin de maintenir la force de perméation.
- Un écoulement turbulent du côté du concentrat, ou un moyen quelconque pour dissiper la polarisation par concentration et réduire l'encrassement.
- Un dispositif de chasse inverse, la possibilité de remplacer la membrane si l'encrassement est un problème, ou l'une et l'autre caractéristiques.
- Une longue durée de vie et un faible coût de remplacement de la membrane.(10)

LES CONFIGURATIONS DE MEMBRANE

On a mis au point plusieurs méthodes de support des membranes afin de respecter ces critères de conception. Il existe actuellement quatre configurations qui permettent de maintenir une membrane en place: le couple plaque et cadre, l'enroulement en spirale, l'agencement tubulaire et l'agencement à fibres creuses.

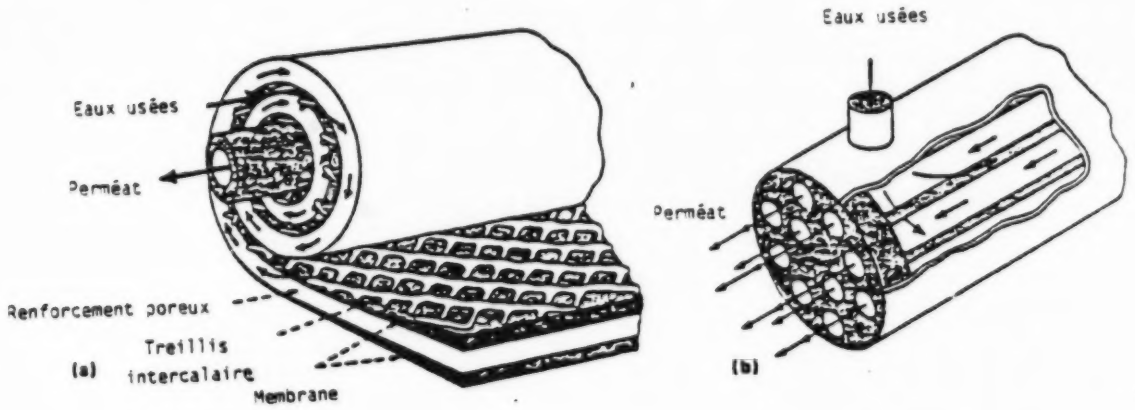
Comme son nom l'indique, le couple plaque et cadre consiste en une membrane tendue sur une plaque et scellée sur le pourtour. Bien que ce mode de support ait été le premier à être conçu, il donne lieu à des assemblages complexes, et il faut utiliser beaucoup d'espace pour obtenir une surface suffisamment grande. C'est pourquoi ce type de support est actuellement peu utilisé, notamment pour l'épuration des eaux usées.

L'enroulement en spirale, plus commun, ressemble un peu à un roulé à plusieurs tranches, comme l'illustre la figure 2(a). La configuration illustrée est composée de quatre couches: une membrane, un renforcement poreux, une autre membrane et un treillis intercalaire. Une

(10) Ibid., p. 61.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

FIGURE 2: MEMBRANES EN SPIRALE ET MEMBRANES TUBULAIRES POUR LES UNITÉS D'OSMOSE INVERSE



Source: C.H. Gooding, "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", Chemical Engineering, vol. 92, 7 janvier 1985, p. 61.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

extrémité de ce "sandwich" est insérée dans un tube fendu où s'écoulera le "perméat" (c'est-à-dire l'eau purifiée), et tout le "sandwich" est enroulé autour du tube. L'ensemble est placé dans un contenant scellé. L'eau que l'on désire traiter entre par une extrémité du rouleau et circule longitudinalement entre les membranes. Lorsque l'on applique une certaine pression, le perméat circule entre les membranes et se dirige en spirale vers l'intérieur, à travers le renforcement poreux. La configuration en spirale est peu coûteuse à produire, elle s'encrasse peu, elle est facile à nettoyer et elle offre une large surface de membrane pour un volume relativement restreint. Ce type de configuration est donc très employé, notamment dans les installations d'épuration des eaux usées.

La configuration tubulaire est la plus simple de toutes. Comme l'illustre la figure 2(b), les membranes entourent un groupe de tubes poreux, et le tout est enfermé dans un tube scellé de plus grandes dimensions. Les eaux usées entrent dans le grand tube sous pression, et l'eau purifiée sort par les petits tubes. On peut également placer la membrane à l'intérieur des tubes poreux et inverser le sens de l'écoulement de l'eau. À la différence de la configuration en spirale, les systèmes tubulaires peuvent être employés avec des eaux usées extrêmement troubles. De plus, ce sont les systèmes qui se prêtent le mieux à la chasse inverse lorsque la membrane est encrassée. Avec ce type de système, on peut également réduire l'encrassement en faisant fluctuer le débit des eaux usées, au lieu de maintenir un débit constant. Cependant, ce système est moins concurrentiel que le système en spirale, en raison des coûts d'immobilisation élevés qu'il nécessite.

Le système à fibres creuses est en fait un prolongement du système tubulaire. On utilise le même agencement de tubes, sauf que leur très faible diamètre (de 25 à 250 microns) et leur grand nombre donnent une très grande surface de membrane par unité de volume. Malgré cet avantage, ce type de système est très sensible à l'encrassement et il est difficile à nettoyer. Son utilisation est donc limitée à la purification des eaux déjà prétraitées et très clarifiées.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

L'APPLICATION À LA PURIFICATION DE L'EAU

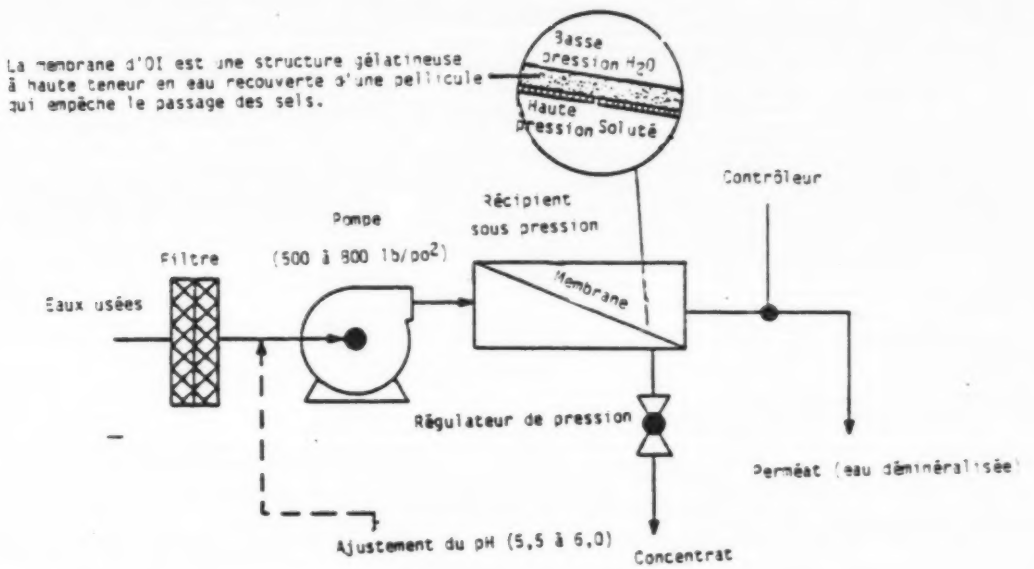
Jusqu'à présent, l'agriculture et l'industrie ont été les principaux utilisateurs de l'OI pour le recyclage des eaux usées. L'emploi de l'OI pour la purification de l'eau potable est actuellement négligeable en Amérique du Nord. On peut toutefois s'attendre à une utilisation accrue de cette technique au Canada et aux États-Unis, compte tenu des préoccupations croissantes suscitées par la présence de substances toxiques dans les sources d'eau potable comme les Grands lacs.

Comme le laissent entendre nos observations sur les problèmes d'encrassement et sur la capacité des différentes membranes d'éliminer les contaminants de l'eau potable (voir la section sur les membranes), il est manifeste que l'OI ne peut pas régler tous les problèmes de purification de l'eau, même si c'est une technique efficace. C'est pourquoi un système d'OI est habituellement couplé à des unités de prétraitement ou de post-traitement, selon le type d'application envisagée, comme l'illustre la figure 3. Le prétraitement peut consister à simplement utiliser un filtre cartouche, pour enlever de l'eau les particules qui pourraient endommager la pompe haute pression ou causer l'encrassement. Lorsqu'on emploie l'OI pour épurer des eaux usées très troubles, on doit souvent utiliser d'autres formes de prétraitement, dont la coagulation, la sédimentation et la filtration, ainsi que la modification du taux d'acidité (le pH) de la solution. Les techniques de post-traitement peuvent comprendre l'aération, le dégazage (par exemple, l'adsorption au charbon actif afin d'éliminer les hydrocarbures halogènes gazeux), la modification du pH et la chloration.

Si nous ajoutons du chlore dans notre eau potable, c'est principalement pour tuer les micro-organismes pathogènes, tels les virus et les bactéries. Malheureusement, ce chlore, ajouté dans le but d'améliorer notre eau potable, se mélange avec des substances organiques dissoutes dans l'eau, ce qui produit des composés toxiques et

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

FIGURE 3: SYSTÈME SIMPLE D'OSMOSE INVERSE



Source: D.B. George, "Reverse Osmosis in Water Reuse Systems", dans Water Reuse, E.J. Middlebrooks, éd., Ann Arbor Science, 1982, p. 239.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

cancérigènes, tel le chloroforme.(11) Il y a lieu de remarquer que l'OI doit, en théorie du moins, être extrêmement efficace pour éliminer les bactéries et les virus. Toutefois, aucune membrane n'est à l'abri des défauts, et la probabilité de l'élimination complète des micro-organismes est faible. C'est pourquoi il est recommandé de désinfecter l'eau après son traitement par osmose inverse. On aurait cependant intérêt à trouver d'autres solutions que la chloration.

Il faut également tenir compte des coûts en cause lorsque l'on envisage d'intégrer l'OI à nos méthodes actuelles de purification de l'eau. Comme l'OI est un procédé relativement lent qui consomme passablement d'énergie, il serait probablement prohibitif d'appliquer cette technique à tout un réseau municipal d'alimentation en eau potable. Il faudrait en effet établir un double réseau de distribution d'eau: un réseau pour les utilisations industrielles et sanitaires (lavage des autos, arrosage des pelouses, toilettes, etc.) et l'autre pour l'eau potable. On peut facilement imaginer les problèmes que poserait l'installation d'un tel système dans une ville disposant déjà d'un réseau de distribution d'eau. Toutefois, une tentative en ce sens est actuellement en cours à Denver (Colorado), et elle est présentée à l'annexe 2.

Une autre solution consiste à employer des méthodes appropriées de purification, comme l'OI, directement à la sortie des effluents d'usine, avant que ces eaux usées ne viennent se mélanger aux sources d'eau potable. D'ailleurs, on utilise de plus en plus l'OI pour le traitement des effluents industriels et la lutte contre la pollution. À titre d'exemple, citons le recyclage des huiles industrielles chez Bud Automotive, à Kitchener. En recyclant les huiles qui étaient auparavant rejetées dans les effluents, cette entreprise a pu récupérer en six mois les 100 000 $ qu'elle avait investis dans son matériel d'OI.(12)

---

(11) Le chloroforme fait partie de la famille des trihalométhanes, lesquels peuvent être produits en ajoutant du chlore à l'eau. La prochaine fois que vous prendrez une douche, vous remarquerez peut-être la légère odeur de chloroforme qui se dégage de l'eau.

(12) D.M. Wiles, Division de chimie, Conseil national de recherches du Canada, communication personnelle, 27 janvier 1986.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

La présente étude n'a pas pour objet d'examiner toutes les façons dont on pourrait combiner les diverses techniques de traitement des eaux usées en vue de produire une eau potable pure. Toutefois, compte tenu de l'état actuel des techniques d'osmose inverse, celles-ci pourraient jouer à court terme un rôle accru dans le traitement des eaux usées et dans la purification de l'eau. À cette fin, il faudra toutefois poursuivre les travaux de recherche et de développement.

BIBLIOGRAPHIE

Eisenberg, T.N. et E.J. Middlebrooks, Reverse Osmosis Treatment of Drinking Water, Ann Arbor Science, 1986.

George, D.B., "Reverse Osmosis in Water Reuse Systems", dans Water Reuse, E.J. Middlebrooks, éd., Ann Arbor Science, 1982.

Gooding, C.H., "Reverse Osmosis and Ultrafiltration Solve Separation Problems", Chemical Engineering, vol. 92, 7 janvier 1985.

Johnston, H.K. et H.S. Lim, Removal of Persistent Contaminants from Municipal Effluents by Reverse Osmosis, SPE, Environnement Canada, 1978.

Tremblay, Jean, "Membrane Technology Applications in Western Canada", Proceedings of the Third Annual Technical Seminar on Chemical Spills, SPE, Environnement Canada, Montréal (Québec), 5-7 février 1986.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

ANNEXE 1
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE DE L'OSMOSE INVERSE AU CANADA

Au début des années 70, le Canada était un chef de file dans le domaine des membranes. Depuis, le Canada a gardé une place de choix dans la recherche sur les membranes (notamment dans l'utilisation des polymères pour la séparation de substances spécifiques). Toutefois, la majeure partie des travaux de pointe dans l'application des techniques d'OI se font aux États-Unis, au Japon et en Europe.

Au Canada, les recherches sur les membranes sont réalisées principalement à la Division de chimie du Conseil national de recherches du Canada (CNRC). L'absence d'une division autonome de génie chimique au CNRC a eu pour conséquence de limiter les ressources affectées aux ingénieurs-chimistes qui travaillent sur l'osmose inverse. Les récentes réductions importantes de fonds et d'années-personnes à la Division de chimie, et la perspective de réductions supplémentaires, ont pour effet de limiter la recherche et le développement dans le domaine des membranes utilisées en osmose inverse. Cependant, il est probable que tout progrès réel dans les techniques d'OI passera par l'amélioration des membranes, lesquelles sont le coeur des systèmes d'osmose inverse.

Il existe plusieurs secteurs au Canada où l'osmose inverse pourrait être utilisée avec profit. Mentionnons la concentration des jus de fruit (par exemple, le jus de pomme), la fabrication des vins, et surtout la séparation des composants du gaz naturel. Cette dernière application offre des possibilités immenses, compte tenu de nos vastes réserves de gaz naturel, mais il faudrait poursuivre les recherches sur les membranes. Or, en plus de manquer de personnel, la Division de chimie n'a pas les fonds nécessaires pour conclure des contrats de recherche avec le secteur privé. Les programmes de transfert technologique, dont le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI), sont reconnus au niveau international, mais ils ont pourtant stimulé peu de projets privés de recherche dans le domaine de l'osmose inverse.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

Par contre, le Centre de technologie environnementale du Service de protection de l'environnement (SPE) a mis à l'essai des techniques d'OI et les a utilisées avec succès pour nettoyer des déversements de substances chimiques et des sources d'eau contaminées. Jusqu'à présent, on a principalement tenté de savoir ce qui peut être fait avec les techniques existantes, en vue d'en déterminer les points perfectibles pour les applications de nettoyage. Il est presque assuré que les études du SPE concluront qu'il faut mettre au point des membranes capables d'éliminer des contaminants spécifiques. Toute coopération entre le SPE et le CNRC à ce sujet devrait être fructueuse.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

ANNEXE 2

UTILISATION DE L'OSMOSE INVERSE DANS UN SYSTÈME MUNICIPAL DE PURIFICATION ET DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

Les réserves d'eau naturelles qui alimentent la région métropolitaine de Denver (Colorado) sont insuffisantes pour répondre aux besoins actuels et futurs de cette région. Par conséquent, la ville de Denver a mis en oeuvre un programme visant à évaluer la possibilité de réutiliser les effluents secondaires provenant des installations de traitement des eaux usées du district n° 1, en vue de répondre à la demande en eau potable. À cette fin, on construit actuellement une usine pilote. Les étapes du traitement de l'eau sont illustrées à la page suivante. Les effluents secondaires non chlorés seront additionnés d'une forte quantité de chaux, afin d'amorcer la floculation des colloïdes, des particules solides, des métaux lourds, des micro-organismes pathogènes et du phosphore. La séparation solides-liquides des flocs chimiques aura ensuite lieu par recarbonatation au gaz carbonique. À la sortie du traitement à la chaux, les eaux traitées s'écouleront dans des bassins d'équilibrage, ce qui permettra d'équilibrer le débit des pompes.

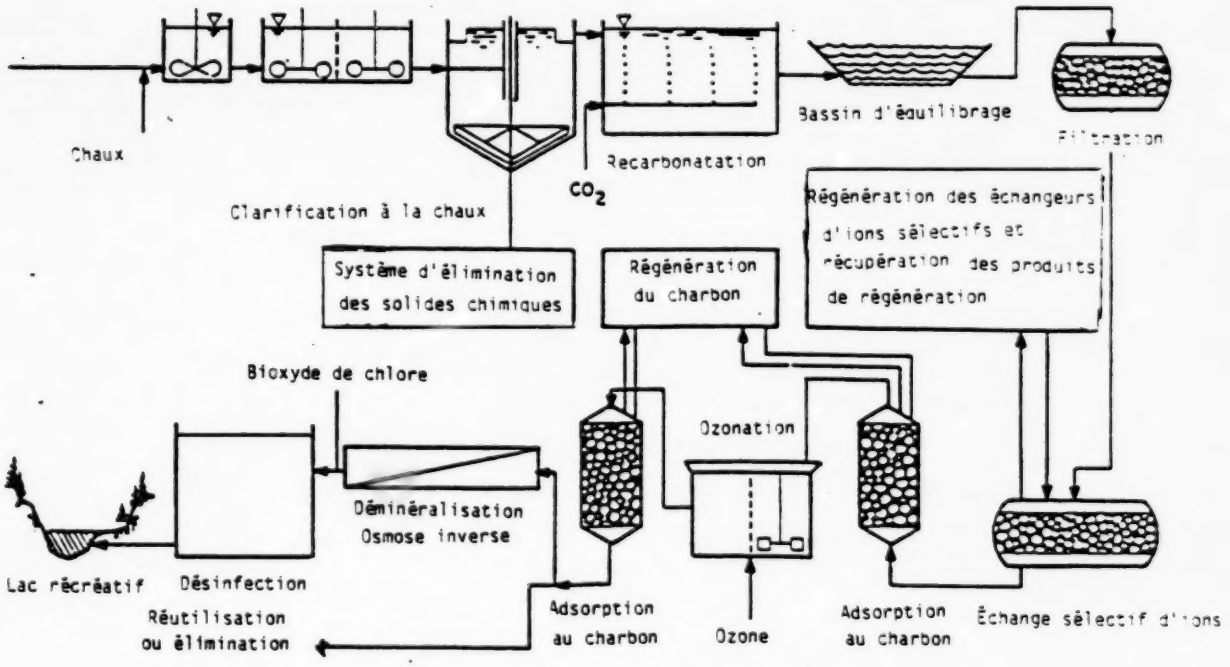
L'eau contenue dans ces bassins sera pompée à travers des filtres sous pression faits de deux matériaux. Ces filtres, aidés d'agents chimiques, termineront le traitement primaire. On éliminera ensuite l'ammoniac présent dans les eaux en les faisant passer à travers des lits échangeurs d'ions contenant de la zéolite et de la clinoptilolite.

Après l'échange d'ions, les eaux usées passeront à travers deux colonnes d'adsorption placées en série. Une certaine quantité d'ozone sera ajoutée entre les deux colonnes afin d'accroître l'efficacité de la seconde étape d'adsorption.

Ensuite, l'eau sera séparée en deux débits, dont l'un (3 400 m^3/j) servira aux fins industrielles. L'eau restante (378 m^3/j) sera purifiée davantage par osmose inverse, afin d'éliminer les solides dissous. Le perméat ainsi obtenu sera ensuite désinfecté au bioxyde de chlore.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

La conception de cette usine pilote a débuté en juillet 1979 et l'on prévoit qu'elle pourra entrer en fonctionnement à l'automne de 1983. L'usine sera exploitée et évaluée de façon continue pendant quatre ans et demi.



Source: D.B. George, "Reverse Osmosis in Water Reuse Systems", dans Water Reuse, E.J. Middlebrooks, éd., Ann Arbor Science, 1982, p. 261-262.